

高等学校通用教材

工程教育设计与 工程设计方法

冯厚植 郑晓齐 编著
雷 庆 张彦通

北京航空航天大学出版社

<http://www.buaapress.com.cn>

内容简介

本书主要讨论应用工程设计方法中分析需求,提出方案,进行比较,决策选优的设计思路,解决工程教育设计中的若干问题。内容包括相关的理论基础、教育规划、课程体系及课程设计、继续工程教育设计的方法,最后还对未来工程教育设计的发展做了初步展望。它是应用工程设计方法,来处理工程教育过程设计问题的一本参考书,供从事工程教育的研究人员、管理人员、教师和研究生工作与学习中参考。

图书在版编目(CIP)数据

工程教育设计与工程设计方法/冯厚植等编著. —北京:北京航空航天大学出版社,2003.4

ISBN 7-81077-288-0

I. 工… II. 冯… III. 高等教育—教学研究
IV. G642.0

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2003)第 003565 号

工程教育设计与工程设计方法

冯厚植等 编著

责任编辑 刘宝俊

*

北京航空航天大学出版社出版发行

北京市海淀区学院路 37 号(100083) 发行部电话:82317024 传真:82328026

<http://www.buaapress.com.cn>

E-mail: bhpres@263.net

北京市松源印刷有限公司印装 各地书店经销

*

开本:850×1168 1/32 印张:10.125 字数:272 千字

2003 年 4 月第 1 版 2003 年 4 月第 1 次印刷 印数:2000 册

ISBN 7-81077-288-0 定价:12.50 元

前 言

本书主要阐述工程设计方法在工程教育设计中的应用,书中集中讨论以下两方面内容:一是工程教育设计,而不是其他教育的设计。所以局限于这个范围,是由于作者的局限性,比较熟悉工程教育,对其他教育涉及甚少,不敢随意扩展。二是设计重点讲工程设计方法。试图将在一般工程(如土木工程、机械工程、电子工程等)的工程设计方法,引入到教育工程设计中来。这点是由于笔者有一时期曾从事工程设计方法的教学与研究而引发的。它和有些讨论教学设计方法的著作中介绍的系统设计方法本质上是一致的。

工程设计方法能否用于工程教育,解决工程教育设计问题呢?笔者认为:工程的最终目的是为了满足不同社会和发展需求,工程教育是为了满足人们从事工程工作的需求,而工程设计方法恰恰是从社会和需求出发,构筑起的一套为达到预定目标而有序思考的程序框架。如果把教育活动作为工程活动看待,则它对工程教育的设计是有指导作用的。在制定教育规划,修订教学计划,编写课程教学大纲,以及有计划地开展企业培训,实现继续工程教育诸方面,总是离不开需求分析,总是应提出创造性方案,总是应该认真分析诸方案利弊,最后从中决策选优。因此,工程设计方法在这里不失为一种有用的基本思考程序。沿着这套程序思考,由粗到细,由整体到部分,由功能到结构,不断循环迭代,可能较好地达到预定目标,搞出有创造性的成果。当然工程设计方法也不能解决一切问题,例如,对于教学过程中学生的认知过程,非它所能解决。而需求分析也仅是确定教育目标的一个重要方面,因为教育不单单和市场有联系。

工程教育设计的任务,应是包括有效实现工程教育目标的一整套教育教学过程,以及与这套过程相匹配的教育教学组织体系。

本书中只侧重讨论了前者。对于后者,它涉及教育体制,教育制度,师资规划,教学科研管理,后勤保障,以及管理信息系统设计等多个方面,莫如另写一本《工程教育管理》来加以阐述。因此,本书没有包括设计的方方面面,还称不上是一本系统全面阐述工程教育设计的专著,仅仅是一本从工程教育角度,来处理工程教育过程设计问题的一般参考书,供从事工程教育的研究人员、管理人员和教师在工作中参考。

讨论工程教育工程设计方法不可能不涉及到教育观念。书中结合不同章节,强调了工程教育设计对象不是直接受教育者本人,而是服务于受教育者需求的各种软件;阐述了对教育规划的理解及其特点,修订教学计划及拟定课程教学大纲应遵循的原则;谈到了工业化社会环境对教育的影响,以及利用自组织原理深化教改的一些看法。这些观点有的是笔者个人认识;有的是综合笔者赞同的别人的认识写成。不论哪一方面,都存在讨论余地,冀希能引起争论,以利认识的深化。

本书是根据北京航空航天大学高等教育研究所近 15 年来在有关研究的基础上总结而成的。其中包含了傅雄烈、徐枏巍、郑晓齐、雷庆、张彦通、徐冰清、杨光、马陆亭、马清华、马永红、刘虹、李汉邦、尚锦山、周欣、张秀萍、王肇炎等师生从事有关研究发表的论文或报告中的成果。在写作过程中得到张锡纯、汪永铨、孟明义、江丕权、吉多智、刁正邦、陈孝戴、张婷婷等多位专家学者的指导和帮助、参与审阅并提出建议,在此一并致以谢意。

本书最后由冯厚植、郑晓齐、雷庆、张彦通编纂。

冯厚植

2002 年 12 月 1 日

目 录

第一章 绪 论	
第二章 工程教育设计的理论基础	
第一节 工程设计的认识过程	22
第二节 教育工程设计的认识过程	36
第三节 教育工程设计的重要认识工具——复杂性研究 中若干观点的简介	44
第四节 教育工程设计的一般方法——系统分析与设计	68
第三章 教育规划的工程设计与实践	
第一节 教育规划的概念与原理	87
第二节 规划的原点:需求分析与目标确立	102
第三节 规划的基础:现状分析	121
第四节 教育规划的结晶:方案构建与评价决策	144
第四章 课程体系设计	
第一节 课程及其体系设计	157
第二节 课程体系面临的矛盾及设计原则	160
第三节 课程体系目标	166
第四节 教学计划的空间结构设计	173
第五节 教学计划的时间结构设计	184
第六节 课程设计	194
第七节 课程体系的评价	211
第五章 继续工程教育设计	
第一节 企业培训的概说	225
第二节 企业的培训	238
第三节 院校继续工程教育	252

第六章 未来信息社会的教育工程设计

第一节 走向未来.....	270
第二节 信息社会中的教育.....	279
第三节 信息社会中的教育工程设计.....	299

第一章 绪 论

一、工程教育与教育工程

(一) 什么是工程

要了解什么是工程教育与教育工程,首先要弄清工程的含义。

工程,是当前被广泛使用的一个词语。然而在对其理解上,却有诸多差别。

钱学森所著《系统、系统科学和系统论》一文^[1]中,在剖析现代科学技术体系结构时,从系统层次结构的观点在纵向分为三个层次,即基础科学、技术(应用)科学、工程技术。可见工程和科学、技术有密切关系,科学是解释世界的理论层次,工程技术属改造世界的实践层次。由于本文主旨不是给工程下定义,故未对工程专门做出界定,也未阐明它和技术的区别。《科学和技术百科全书》(McGraw-Hill 1982年版)给出了工程的定义,认为工程是“利用丰富的自然资源供人使用并提供方便的技艺”。这样定义使工程概念过于宽泛,例如用树枝升火做饭也符合此定义,但也称之为工程未免太一般了。《简明不列颠百科全书》(中文版,中国大百科全书出版社,1985年)将工程定义为“应用科学知识和自然资源最佳地为人类服务的一种专门艺术”;《韦伯斯特新世界词典》(1988年版)则认为工程是“关于将科学知识转化为实际用途的科学”。两者都明确了工程是科学的实践层次,但未说明工程与技术的关系和区别。阮廉等编著的《工程系统的规划与设计》一书^[2]认为“工程是服务于某个特定目的的各种技术工作的总和。它以一系列的科学知识为依托,应用这些知识,并结合经验判断,经济地利用自然资源为人类服务的一种专门技术”。这个定义规定了它的目的

性,明确了它依托科学知识,而且要进行经验判断,提出了诸如经济这一制约因素,但无论将之归为“技术总和”或“专门技术”,都使工程等同于技术,仍然未区分二者。

以上是把工程作为名词的一部分定义。如果作为动词看待,如《韦伯斯特新世界辞典》所说,是“操作或管理活动”,则显得过泛。我们不能把诸如在机床上操作或按规定程序实行管理等活动都称之为工程。罗福午在《试论高等工程教育培养目标》一文^[3]中认为“工程是指运用科学原理和技术手段去发展人类社会有用产品的活动”,则较前一定义具体明确。但这里仅提出技术手段而非技术整体,且少了经验判断,也未提到制约因素。张锡纯在《工程事理学发凡》一书^[4]中谈到工程特点时指出“工程是科学、技术转化为生产力的最后阶段。工程活动的结果,总是完成符合某种社会目的的人工自然物”。这里包含了名词、动词的两种含义,而在其具有的六项特点中,更进一步阐明了它和技术的区别以及制约因素。这个整体叙述可使我们对工程内涵有一个清晰的认识,全部引用则嫌文字太长。此外,文中提到的“人工自然物”似应理解为不仅包括实物硬件,也包括非实物软件,否则无由解释“软件工程”一语。

另一类说法是把工程看做某类专业或学科的总称,或者视为某些工作项目的总和。前者如《辞海》中定义,“将自然科学原理应用到工农业生产部门中去而形成的各学科的总称”。汪广仁在《工程》一文^[5]中则认为“工程是科学知识和经验的实际应用,是利用自然科学原理使自然资源为人类服务而形成的各种专业和学科的总称”。美国麻省理工学院(MIT)近年提出“工程是关于科学知识和技术的开发与应用,以便在物质、经济、人力、政治、法律和文化限制内满足社会需要的一种创造性专业”^[6]。三种定义比较,显然后一种更为明确完整。它未局限于自然科学,也加入了技术的作用,增强了目的性,阐明了制约因素。更突出地强调了创造性,因为从根本上来说,工程就是要产生出现实还不存在的人工产物。

常见到诸如机械工程、电气工程、土木工程、化学工程等等均属工程类专业和学科,这对随后解释工程教育有帮助。工程也指某些工作项目的总和,如《辞海》定义,认为工程也指“总体的基本建设项目”。赵松山编《经济系统工程》^[7]则认为工程是“服务于特定目的的各种工作的总称”。通常说法中如三峡工程、夏商周断代工程、希望工程则都是按这一含义命名。这对后面理解教育工程有其作用。

概念是思维的产物,表达概念的词语仅仅是为了人们便于交流思想而人为约定的,随着人的认识的深化和社会的发展进步,其内涵逐步增加,或者外延也不断扩大,即便词典中规定了每个概念词语的含义,人们在这个约定用法上也仍会加上自己的想像,由于每个人经历和观察事物的角度不完全相同,没有任何两个人对某一概念的理解会丝毫不差。正如对科学、技术、文化等概念那样,对“工程”这一概念也不例外,因此,出现上述诸多解释也并不奇怪。本书的任务不是进一步抽象探讨“什么是工程”,以增强这一概念的普适性,而是根据所要解决的问题,首先界定它所指的“工程”是什么?综合以上关于工程定义的讨论,笔者认为,为了将工程与科学、技术区别开来,在其定义中至少应包括以下部分:

它的依托是科学、技术,还要加上经验判断;

它的目的是为满足社会需要以改造世界;

它必须考虑自然和社会的多种因素的制约;

它的结果应是产生出现实中还没有的人工产物,即有创造性。

据此,本书的工程定义为:以科学、技术的应用为主线,考虑到多种自然和社会因素的制约影响,加上经验判断,为满足人类社会需要而改造世界,创造人工产物(包括实物硬件和非实物软件)的活动和结果。

(二)什么是教育

对教育这一概念的解释,同样也是多种多样的,仅就我国当前各种教育论著对教育概念的解释,也不尽相同。桑新民在其所著

《呼唤新世纪的教育哲学——人类自身生产探密》一书^[8]中,从教育在人类社会三种生产中(物质生产,人类自身生产,精神生产)所处的地位和角度,指出“教育是人类特有的遗传方式和交往方式,是人类自身的再生产和再创造”。《主客体关系学系列丛书》撰写组所著《主客体关系学纲要》一书^[9]认为“人是具有智能的生物”,“有信息处理能力”,人区别于“动物式”教育就是要重视“信息处理功能的遗传”,从而提出“教育是智能的遗传积累”这一观点。张巽根专门写了一本《教育是什么》的论著^[10],认为此问题研究的终点是教育的本质,“而教育本质必须在对教育有了整体的深刻认识后才能提炼出来”。该书为此作了大量论证,归结为“教育是规约和生长类属性”。这些是他们为研究教育的本质而进行哲学思考所得出的结论。对理解教育本质有指导作用,但对本书界定问题则不够直接。

较多论著中是将教育分为广义与狭义教育分别进行定义。对广义教育,许多论著中均将教育解释为“是一种社会现象(或复杂的社会现象)”、“是实现人的社会化的手段”、“是培养人的一种实践活动”。前二句话过于抽象、空泛,例如经济也可认为是一种社会现象,劳动也未常不是社会化的手段,所以,这两句话用于教育理论研究也许有其作用,但用于本书界定问题范围则作用不大。最后一句则正如有的论著提出的质疑那样:由于教育与培养常为通用语,以此来界定教育就成了同义反复。

《中国大百科全书·教育》(1985年版)卷中对教育的解释是:“从广义上说,凡是增进人们的知识和技能,影响人们的思想的活动,都是教育。”对此,也有一些论著提出了不同看法,认为该定义抹杀了教育的专门特点,把教育和其他社会活动混同起来,指出区别教育和其他社会活动的界限“在于活动是直接的”,也即必须加上“有目的”这一限定词。张燕镜在其所著《教育学》一书^[11]中,采纳了上述观点,认为“凡是有目的地对人的知识和技能,思想和品德,智力与体力施加影响的活动,不论是有组织的或无组织的,系

统的或零散的,都是教育,其中包括家庭教育、学校教育、社会教育、工作单位教育、人与人交往中的教育以及自我教育”。它更接近实际应用的要求,但对本书来说范围仍嫌过宽。南京师范大学教育系编写的《教育学》^[12]提出的关于教育的狭义定义是,“教育者按一定的社会要求,向受教育者的身心施加有目的、有计划、有组织的影响,以便受教育者发生预期变化的活动”。这更贴近本书所指教育的含义。

和前面讨论工程的概念一样,本书的任务也不是抽象去探讨“什么是教育”,而是根据所需要解决的问题,界定它所指的“教育”是什么?据此,本书把教育定义为:在学校和工作单位有目的、有计划、有组织地对人的知识和技能,思想和品德,智力和体力施加有效影响,以使受教育者发生预期变化的活动。

(三)什么是工程教育

我们使用“工程教育”这个词语,是为了把这种教育和其他教育区别开来,为此,将前述本书关于工程和教育两者定义综合在一起,本书所指工程教育是学校和工作单位在社会环境中所进行的创造性专业教育,它的目的是使受教育者学会在一定环境条件下,为满足社会需要而从事科学和技术的开发与应用,创造“人工产物”的活动和结果。它区别于其他教育的主要特点是:

(1)作为一种社会活动,工程是科学、技术转化为生产力的最后阶段,有更强、更明显、更具体的目的性。工程活动的结果,总是产出符合某种社会目的的人工产物。因此,工程教育不应等同于科学教育或技术教育,它要求其培养对象致力于科学和技术的应用,面向实际问题,以改造世界为己任,为人类社会提供有用的、适宜的、有价值的物质成果,它重视知识,也借助经验,理论与实际并重。

(2)工程中不确定的因素很多,很多矛盾要靠艺术处理,还有审美的要求。因此,工程多是科学和艺术结合的产物,只是不同产品和项目中二者所占比例有所不同。同时,工程师在进行工程活

动时的想像力和创造力,与艺术活动中的想像力和创造力在认识论和心理学上是相近或相似的。工程师的艺术造诣,会更有助于他在工作中的创新成就,所以工程教育中还应包含有艺术教育。以丰富想像力,增强审美力,提高创造力。

(3) 工程的结果是产生新的人工产物。它的实现,会受到政治、经济、文化、生态等多种因素的制约,包括人力与物力资源的可能、时间的限制、管理水平、民族文化的差别等。即使从科学技术的角度看,一项工程也往往是多个学科和多种技术的综合产物。因此,工程的综合性很强,可以说,在工程中非综合则无以创造,而无创造则难以称之为工程。工程教育应特别重视综合能力的培养,使之能在综合指导下分析,在分析基础上综合。

(4) 作为工程结果的新的人工产物,必然要和自然或社会发生关系。在造福人类的同时,也往往会引发人与自然和人与社会关系中新的问题,如生态恶化、环境污染、社会犯罪、经济失衡等问题。如何权衡这个新的人工产物的利弊得失,未雨绸缪,兴利除弊,整体优化,协调人、社会、自然之关系,离不开价值判断,它贯串于工程的全过程。工程教育必须注意培养正确的价值观,并提供科学的价值判断方法。

(5) 工程,特别是现代工程,都不是仅靠个人能实现的。工程人员为了贯彻其意图,必须有良好的交流表达能力,较强的组织能力,善于处理人际关系,面对复杂的社会关系有较强的应变能力。虽然这些社会活动能力主要是靠工作实践中的锻炼,但在工程教育中,注意学生在工程中的社会活动能力的基本素质养成,也是一项非常重要的任务。

工程教育是教育的一个分支,当然也具有整个教育的共性,如同应解决人之所以为人的问题,但就其个性而言,它不是纯科学教育。如果说科学是解决“是什么”的问题,以解释世界,则工程是解决“做什么”和“怎样做”的问题,以改造世界,它在受社会需求推动上表现得最为活跃。在整个科学体系中,工程技术这一层次无

论在广度上,还是深度上,都是当代发展最迅速的。相应地,工程教育也是各类教育中发展变化最为突出的教育。特别是其专业教育部分,为了适应社会需求的多样性,使工程教育也向着更加多样化的方向发展,以致当前工程教育已形成了除义务教育外,包括中等职业技术教育,多层的高等工程教育,以及大学后多形式的继续教育的结构最为复杂、规模十分庞大的教育分支。其内容、形式均具有较之其他教育更高的动态性,它的内部范畴在不断扩展,功能也不断扩大,而外部环境因素提出的限制和要求也越来越多,更加深刻。这就使工程教育在提高其质量与效率以满足需求上,面对着更复杂的现实。

(四)什么是教育工程

根据前面对工程定义的讨论,对教育工程至少也可有如下理解:

(1)把科学知识和实际经验用于教育实际。这和我们通常对机械工程、电子工程、生物工程等等的理解是一致的,只不过这里所指的科学,不仅是自然科学,甚至主要不是自然科学,而是教育学,以及社会学、政治学、经济学等等社会科学。

(2)作为服务于特定目的的各项工作的总称,或某个总体的基本建设项目,是一种包括过程和结果的活动。这和我们通常对三峡工程、成昆铁路工程等称呼理解一样,在教育中提出的诸如希望工程、211工程等等均属教育工程。

综合各种解释,可以将教育工程定义为:利用积累的理论 and 经验,在一定的环境下,为组织实现某项教育任务所进行的活动。其结果是创造出一种为实现教育目标的新的组织结构、教学内容和体系、运行机制等等。其中,如果是完成某项工程教育任务的项目,则可称之为某一工程教育工程。

既然同为工程,则它和机械工程、电子工程、生物工程等作为自然科学应用的工程必有共性。工程的各个特征同样反映在教育工程之中,工程方法同样可用于教育工程。在为了满足受教育者

将来生存和发展的需要上,如何为其提供最佳的知识组合和能力构成,以及保证其实现的相关制度,具体如制定教育规划、设计教学计划、拟定管理程序等这样一些非实物软件,以及涉及教育的学校的物的构建(如 211 工程,不仅有人才培养的整体规划,也包括相应的设施,如建筑、仪器设备、校园环境等各种软硬条件的合理配置)上,和其他工程是同样的。但从对象上看,以自然科学应用为主的工程,其目的是创造人需要的人工产物,并考虑一旦这个物产生,对人、社会和自然会有什么反作用。而教育工程则是为满足社会需要造就新人,并需衡量这种新人对未来社会的适应及推动能力,其主要目标一是产出人工产物;二是培育新人。人与物不同,人是主体,有能动性,二者显然是有区别的。当涉及教学过程中许多内容时,工程方法是不能解决问题的。

当前,以改造自然、创造人工产物为目的的各种工程,已产生出一套设计方法。对于以培养人为目的的教育工程,是否也可以借鉴或移植过来,提高教育工程设计的科学性呢?为此,我们还需要先对工程设计方法有个大略的了解。

二、设计与工程设计

(一)什么是设计

人类从事的各种有目的的活动,都离不开设计,人类所创造的精神财富和物质文化,无一不与设计密切相关,但迄今为止,对于什么是设计的定义还是多种多样的。《辞海》中把设计解释为“在正式做某项工作之前,根据一定的目的要求,预先制定方法、图样等”的活动。《不列颠百科全书》(中文版)则称设计为“开发某种活动的规划或方案的过程”;狭义的理解则是“已开发出的存在在头脑里或显示为图形或模型的规划或方案”。反映了从动词与名词两种角度对设计所作的定义。还有许多关于设计的定义,这里不再一一列举。其所以定义繁多,主要是由于人们知识背景、专业基础和工作岗位不同;文艺创作者的设计是其进行作品创作时的构

思活动；企业经理们的设计是其对企业生产经营的规划；产品设计师的设计则是产品图纸的形成。但不论对定义的理解有多大差别，作为设计，它总是至少具有以下特征：

(1) 设计是一种以脑力为主的活动，是一种在人的头脑中进行有目的的、不断分析和综合的、将输入信息转化为输出信息的信息加工过程。设计过程是靠人和设计工具的作用来实现的，但过程的转换主要是靠设计者的思维活动。设计不是要产生现实还不存在的事物，也不是单纯模仿现存人工产物的简单继承，这就需要创造性的劳动，将继承和创造统一起来。要动脑筋、想办法，通过实践、认识、再实践、再认识的循环反复，才能把所设计对象的外部要求转化为内部性能。如把一部小说中中国人民反帝反封建斗争的主题转换为故事结构、人物、情节和独具风格的词语；把一个企业生产的产品品种、数量、质量以及成本、利润、营销、回收等要求转换为企业组织结构、人员配置、建筑布局、设备配套、资金筹集等方面的规划；把一台设备的功能以及操作、工效、外观、分配、交付、成本、经济、制造等诸方面要求转换为其结构元件形状和尺寸等，以及温度、刚度、磨损、噪声、耐寒、抗热等各种性能。这种外部要求与内部性能的转换，既要依靠人们的直觉、顿悟、灵感，也需要一套科学的程序来处理。各种不同的设计都有与之相应的设计方法的指导，只是现实中存在对这些方法论运用的自觉与不自觉之别，科学的设计应在其智力活动的方法论指导下来进行。

(2) 设计对象的功能要求化为实物结构或文字程序的过程中，其各种外部要求和诸种内部性能之间，存在着错综复杂的相互关系，有些是直接的，有些是间接的。处理这些关系的每一步，又都可能有许多设计自由度(解法)。因此，完成一项设计任务，只能采取逐步逼近的方法，将过程划分为若干阶段，以便逐步完善和确定设计对象的设计性能。既然是逐步完善，为了取得最好结果，设计者可以精益求精地不断完善下去，循环迭代，对其中每个要解决的问题，又可提出无数种解决办法。但实际工作中，由于时间、经

费、信息量等多方面的限制,不可能做到尽善尽美,也不可能对求解办法考虑得无一遗漏。所以任何设计结果,只能是相对满意的结果,不可能是绝对最优的结果。概而言之,设计没有终结的时候,任何设计结果总是留有待改进、待完善的遗憾。

(3) 科学的设计需要两大类四方面的知识支持:一是关于设计对象的经验知识和科学知识;二是关于设计过程的实践知识和理论知识。这四方面知识相互联系,相互作用。其中,由于设计者们经历、思考问题特点以及情感偏好的不同,经验知识和实践知识不可避免地包括有设计者的主观价值判断,从而影响设计过程的客观性。为使这些主观的、非自觉的因素减至最低,特别需要重视过程的理论知识。关于设计过程的理论知识,可借鉴系统工程理论的有关论述。其中重要一环是要构建一个独立于设计对象的一般性设计程序,来阐明设计过程应由哪些设计活动构成;采用什么样的设计步骤才能根据设计要求以最短途径获得一个最满意的设计结果;设计过程影响因素的变化,如何影响设计步骤;为了获得满意设计结果,各设计阶段、设计工序需采取什么设计对策;设计工作应遵循一些什么共同原则等等,以尽量避免人的主观随意性。

(二) 什么是工程设计

设计和工程设计是一般和特殊的关系,由于对设计理解不一,关于工程设计的定义也是五花八门的。这里不准备再一一列举,只是根据前述设计工作特点作一概括,可以作如下表述:工程设计是从需求出发,明确任务,选定目标,依靠人类文明积累起来的科学技术知识和实践经验,协调诸多现实制约中的矛盾,去构成一个有效、可靠、实用的系统的信息加工过程。这种信息加工是分阶段、有步骤并在遵循一定的控制个人主观随意性的原则下进行的。至于项目本身,大至三峡工程,小至一粒钮扣;复杂如实现登月飞行,建立反弹道导弹系统,简单如一个水杯的设计都是适用的。不论工程对象的大小、复杂简单程度如何,作为工程设计,本身有如下特点:

(1) 设计贯穿于工程活动的始终,工程所实现的“人工产物”,都有一个从产生到消亡的寿命周期,经历研究、开发、设计、制造、销售、使用、回收等各个阶段。每个阶段都靠脑力和体力的结合来完成。除了整个寿命周期中的产品设计阶段属设计外,其他各阶段也包含设计因素。在研究开发阶段,如何科学地确定研究开发方案,需要进行设计;制造过程中工艺方案、工艺路线、工艺装备的设计还是设计;促销当中销售方案的确定也是设计;如何更有效地使用也多少涉及设计;如何回收利用也离不开设计。因此,设计是工程的本质与核心,是工程师的基本工作方式。设计不一定都有好的结果,但没有设计则根本不可能有好的结果。

工程设计实质上是运用现代工程系统设计的基本原理和方法,将工程系统任务要求转化为系统技术要求和系统最优配置的过程,是一个以信息为主的输入输出转换过程。

(2) 工程设计一般都遵循系统分析的一套基本的思考程序。这个程序的基本步骤是:

① 分析需求,明确目标:通过对环境的辨识,正确地分析社会需求,明确应该做什么,解决什么样的问题,特别强调要找准目标。

② 发散综合,产生方案:应用发散思维,通过类比、联想等多种渠道,寻求解决问题的办法,提出尽可能多的方案,以资比较。

③ 收敛分析,比较方案:从技术、经济、人与社会等多个角度,对产生的诸方案进行分析比较,找出各个方案存在的优势与不足。

④ 综合评价、决策选优:依据一定的评价准则,找出应使用的评价特征,对各个方案进行综合评价,权衡利弊得失,选出满意方案。

为使以上思考更科学地进行,系统工程的有关著作中提供了一系列操作技术,如需求预测技术、评价技术、决策分析方法等等,同时这个思考程序贯穿于设计过程的每一个设计步骤。例如对一个机械系统,从明确目标、规定设计要求、形成功能结构、提出满足功能的结构原理、进行草图设计、完成详细设计等各步骤和各环